

УДК 669.3

А. С. Надолько¹, Н. Н. Загиров^{1*}, Ю. Н. Логинов²¹ Сибирский федеральный университет, г. Красноярск² Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

*kafomd_1@mail.ru

СВОЙСТВА СВАРОЧНОЙ ПРОВОЛОКИ, ПОЛУЧЕННОЙ МЕТОДОМ ПЕРЕРАБОТКИ МЕДНОЙ СЕЧКИ

Выполнены эксперименты по получению сварочной проволоки из медной сечки. Для этого применен метод горячего брикетирования и горячей экструзии с последующим холодным волочением. Применена также термическая обработка при различном сочетании с проходами волочения. Измерены свойства полученной проволоки в различных вариантах ее производства и сделан вывод о возможности ее применения.

Ключевые слова: медная проволока, горячее брикетирование, экструзия, волочение, термическая обработка, рекристаллизация

A. S. Nadolko, N. N. Zagirov, Yu. N. Loginov

PROPERTIES OF THE WELDING WIRE OBTAINED BY THE METHOD OF PROCESSING CHOPPED COPPER WIRE

Experiments were carried out to obtain a welding wire from a copper chopped copper wire. For this, the method of hot briquetting and hot extrusion followed by cold drawing was used. Heat treatment is also applied with various combinations with drawing passes. The properties of the obtained wire were measured in various version of its production and a conclusion was drawn on the possibility of its application.

Key words: copper wire, hot briquetting, extrusion, drawing, heat treatment, recrystallization

Проволочную сечку получают путем резки или рубки проволоки на мерные длины. Медная сечка (гранулянт) является весьма ценным материалом, который благодаря своим уникальным свойствам, нашел широкое применение в электроэнергетической и электротехнической отраслях производства [1]. Его используют при создании транс-

форматоров, комплектующих для сигнальных приборов, теплообменников, запасных частей к машинам и механизмам, а также новых кабелей. Кроме того, он является важным легирующим элементом многих сплавов, может служить сырьем для изготовления фольги и сварочной проволоки. В работе стояла задача получить из указанных отходов меди марки М1 проволоку определенного диаметра с заданным уровнем механических характеристик, используя при этом только приемы порошковой металлургии, обработки давлением и термической обработки [2; 3].

Ранее были опробованы различные варианты изготовления сварочной проволоки из стружковых отходов силумина [4] методами компактирования, совмещенного процесса прокатки — прессования (СПП) и последующего волочения.

Предлагается технологическая схема изготовления длинномерной проволоки из исходной медной сечки, которая предполагает выполнение следующих основных операций.

1. Подготовка исходных компонентов к компактированию.
2. Горячее брикетирование в жесткой пресс-форме при температуре $\theta_{бр} = 450...500\text{ }^{\circ}\text{C}$, давлении брикетирования $p = 200\text{ МПа}$ и времени выдержки в течение $\tau = 5\text{ мин}$ до достижения относительной плотности около 93 %.
3. Нагрев прессовки до температуры $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ и горячая экструзия через коническую матрицу прямым методом. Коэффициент вытяжки при получении исходного прутка диаметром 6,7 мм составлял 45.
4. Однократное холодное волочение на цепном волочильном стане усилием 50 кН, которое осуществлялось по маршруту: 6,7→6,0→5,0→4,0→3,5→3,0→2,6→2,0 мм. При его составлении учитывалась возможность проведения после одного из этапов обработки давлением отжига при температуре $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ и времени выдержки 60 мин.

Технологические режимы получения проволоки $\varnothing 2\text{ мм}$

Вариант	Схема получения проволоки
1	волочение до $\varnothing 2\text{ мм}$ без отжига
2	волочение до $\varnothing 4\text{ мм}$ →отжиг→волочение до $\varnothing 2\text{ мм}$
3	волочение до $\varnothing 3\text{ мм}$ →отжиг→волочение до $\varnothing 2\text{ мм}$
4	волочение до $\varnothing 2\text{ мм}$ →отжиг

После получения проволоки диаметром 2 мм отобранные образцы были подвергнуты испытанию на растяжение и на перегиб. Результаты этих испытаний отражены в табл.

В соответствии с требованиями ГОСТ 16130–90 твердая проволока из меди М1 должна иметь временное сопротивление не менее 350 МПа и выдерживать не менее 4 перегибов. Как видно из таблицы, первый вариант технологии не обеспечивает достаточной пластичности металла, поскольку показатели относительного удлинения, сужения и числа перегибов слишком низкие. Этот результат объясняется отсутствием отжига на последней стадии обработки. Четвертый вариант не обеспечивает достаточной прочности, хотя достигнуты очень хорошие показатели пластичности. Он может быть применен для производства проволоки в мягком состоянии поставки.

Таблица

Механические и технологические свойства медной проволоки Ø2 мм после различных вариантов реализации технологического процесса ее изготовления

Режим обработки	Механические испытания на растяжение			Технологические испытания на перегиб. Число перегибов, N
	Временное сопротивление разрыву σ_b , МПа	Относительное удлинение, δ , %	Относительное сужение, ψ , %	
1	450...460	1...2	14...16	3...4
2	420...430	2...3	25...27	12...14
3	380...390	3,5...4,5	42...44	17...19
4	210...220	40...45	65...70	33...35

В случае необходимости производства проволоки в твердом состоянии требованиям стандарта удовлетворяют технологические варианты 2 и 3.

Литература

1. Медные сплавы. Марки, свойства, применение / Ю. Н. Райков [и др.]. М. : «Институт «Цветметобработка», 2011. 456 с.
2. Загиров Н. Н., Логинов Ю. Н. Технологические основы получения материалов и изделий из сыпучих стружковых отходов меди и ее сплавов методами обработки давлением: монография. Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2015. 171 с.
3. Etherington C. Conform and the recycling of non-ferrous scrap metals // Conservation and Recycling. 1978. V. 2 (1). P. 19–29.
4. Загиров Н. Н., Сравнительный анализ технологий изготовления сварочной проволоки из эвтектического силумина с применением совмещенных методов обработки/Н. Н. Загиров [и др.]/Цветные металлы. 2017. № 4. С. 86–92.